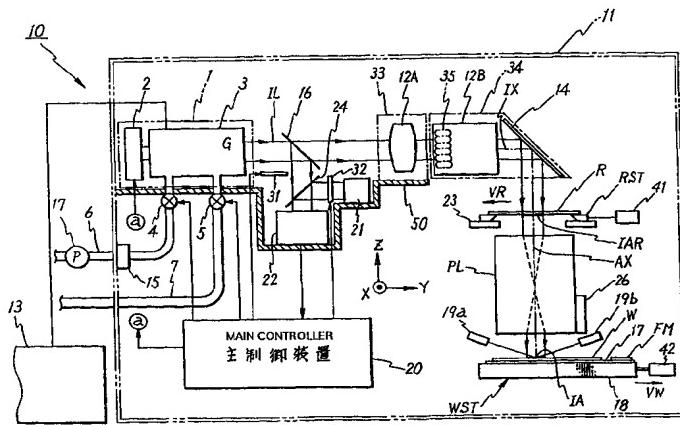


(51) 国際特許分類6 H01L 21/027, G03F 7/20	A1	(11) 国際公開番号 WO00/16381
		(43) 国際公開日 2000年3月23日(23.03.00)
(21) 国際出願番号 PCT/JP99/04966		
(22) 国際出願日 1999年9月13日(13.09.99)		
(30) 優先権データ 特願平10/260227 1998年9月14日(14.09.98) JP		
(71) 出願人（米国を除くすべての指定国について） 株式会社 ニコン(NIKON CORPORATION)[JP/JP] 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 Tokyo, (JP)		(81) 指定国 AE, AL, AU, BA, BB, BG, BR, CA, CN, CU, CZ, EE, GD, GE, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KR, LC, LK, LR, LT, LV, MG, MK, MN, MX, NO, NZ, PL, RO, SG, SI, SK, TR, TT, UA, US, UZ, VN, YU, ZA, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), ARIPO特許 (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM)
(72) 発明者；および (75) 発明者／出願人（米国についてのみ） 萩原 茂(HAGIWARA, Shigeru)[JP/JP] 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社 ニコン内 Tokyo, (JP)		添付公開書類 国際調査報告書
(74) 代理人 立石篤司(TATEISHI, Atsuji) 〒194-0013 東京都町田市原町田5丁目4番20号 パセオビル5階 Tokyo, (JP)		

(54) Title: EXPOSURE APPARATUS AND ITS MANUFACTURING METHOD, AND DEVICE PRODUCING METHOD

(54)発明の名称 露光装置及びその製造方法、並びにデバイス製造方法



(57) Abstract

A light source unit (1, 21, 22) including a laser resonator (1) of a laser is housed in an environment control chamber (11) where an exposure apparatus body including a projection optical system (PL) is also housed, and temperature control of the exposure apparatus body (RST, PL, WST, etc.) and the light source unit so as to control the temperature of all the optical systems in the chamber (11) uniformly. Thus, the apparatus footprint is small compared with an apparatus where the whole laser is installed separately from the exposure apparatus body. Shift of the center wavelength and variations of the spectrum half-width and degree of concentration are prevented, and variation of image forming characteristics including the chromatic aberration of the projection optical system (PL) due to wavelength shift can be suppressed to a minimum. Hence, improvement of the productivity and reduction of the production cost of a microdevice can be achieved by using the exposure apparatus.

(57)要約

本発明では、レーザ装置のレーザ共振器（1）を含む光源部（1、21、22）を、投影光学系（PL）を含む露光装置本体と同一の環境制御チャンバ（11）内に収納し、露光装置本体（RST、PL、WST等）と光源部との温度調整を行い、チャンバ（11）内の全ての光学系が全体的に均一な温度となるようする。このため、レーザ装置全体を露光装置本体と別置きにする場合に比べて装置のフットプリントを低減できる。光源部と露光装置本体との温度差によるレーザ光の中心波長のずれ、スペクトル半値幅、エネルギー集中度の変動等を防止でき、波長ずれによる投影光学系PLの色収差を含む結像特性の変動を最小限に抑制できる。従って、本発明の露光装置ではマイクロデバイスの生産性の向上と生産コストの低減が可能になる。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

A E	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	K Z	カザフスタン	R U	ロシア
A L	アルベニア	EE	エストニア	L C	セントルシア	S D	スーダン
A M	アルメニア	ES	スペイン	L J	リヒテンシュタイン	S E	スウェーデン
A T	オーストリア	FI	フィンランド	L K	スリ・ランカ	S G	シンガポール
A U	オーストラリア	FR	フランス	L R	リベリア	S I	スロヴェニア
A Z	オゼルバイジャン	GA	ガボン	L S	レソト	S K	スロヴァキア
B A	ボズニア・ヘルツェゴビナ	GB	英國	L T	リトアニア	S L	シエラ・レオネ
B B	バルバドス	GD	グレナダ	L U	ルクセンブルグ	S N	セネガル
B E	ベルギー	GE	グルジア	L V	ラトヴィア	S Z	スワジ兰ド
B F	ブルガニア・ファン	GH	ガーナ	MA	モロッコ	T D	チャード
B G	ブルガリア	GM	ガンビア	MC	モナコ	T G	トーゴー
B J	ベナン	GN	ギニア	MD	モルドヴァ	T J	タジキスタン
B R	ブラジル	GW	ギニア・ビサオ	MG	マダガスカル	T Z	タンザニア
B Y	ベラルーシ	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア 共和国	T M	トルコメニスタン
C A	カナダ	HR	クロアチア	ML	マリ	T R	トルコ
C C F	中央アフリカ	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	T T	トリニダッド・トバゴ
CG	コンゴー	ID	インドネシア	MR	モーリタニア	U A	ウクライナ
CH	スイス	IE	アイルランド	IL	イスラエル	U G	ウガンダ
C I	コートジボアール	IL	インド	IN	インド	U S	米国
CM	カーメルーン	IS	アイスランド	IT	イタリア	U Z	ウズベキスタン
C CN	中国	J P	日本	KE	ケニア	V N	ヴィエトナム
C CR	コスタ・リカ	KE	キルギスタン	KG	キルギスタン	Y U	ユーロースラビア
C U	キューバ	KG	北朝鮮	KR	韓国	Z A	南アフリカ共和国
C Y	キプロス	PL	ボーランド	PT	ポルトガル	Z W	ジンバブエ
C Z	チエシコ	RO	ルーマニア				
D E	ドイツ						
DK	デンマーク						

明細書

露光装置及びその製造方法、並びにデバイス製造方法

技術分野

本発明は、露光装置及びその製造方法、並びにデバイス製造方法に係り、さらに詳しくは、半導体素子又は液晶表示素子等を製造するためのリソグラフィ工程で使用される露光装置及びその製造方法、並びに前記露光装置を用いたデバイス製造方法に関する。

背景技術

従来より、半導体素子等を製造するためのフォトリソグラフィ工程では、いわゆるステッパやいわゆるスキャニング・ステッパ等の露光装置が用いられている。かかるステッパ等の露光装置の露光用の照明光としては、従来超高压水銀ランプからの紫外域の輝線（g線、i線等）が用いられていたが、近年における半導体素子の高集積化に伴い、ウエハ上にできるだけ高集積度のパターンを焼き付けるため、露光の解像力を上げる必要からより短波長のKrFエキシマレーザ光（波長248nm）やArFエキシマレーザ光（波長193nm）等のエキシマレーザ光を発する希ガス・ハロゲンレーザ光源が露光光源として用いられるようになってきた。周知の如く、このような短波長域のエキシマレーザ光を使用した場合、主として材料の透過率の問題から、投影光学系のレンズに利用できる素材は現時点では合成石英、ホタル石、あるいはフッ化リチウム等のフッ化物結晶等の材料に限られている。

しかし、投影光学系にこのような石英やホタル石等のレンズを使用した場合には、実質的に色収差の補正が難しいので、色収差の発生による結像性能の劣化を防ぐために、エキシマレーザ光の発振スペクトル幅を狭める、いわゆる波

長の狭帯域化が必要となる。この波長の狭帯域化は、例えばレーザ共振器に設けられた狭帯域化モジュール（例えばプリズムとグレーティング（回折格子）とを組み合わせたものや、エタロン等の光学素子が用いられる）を使用して行われ、露光中投影光学系に供給されるエキシマレーザ光の波長のスペクトル幅を常に所定の波長幅に収めると同時に、その中心波長を所定の波長に維持するための、いわゆる波長安定化の制御が必要となる。最近の遠紫外域のエキシマレーザ光を使用する露光装置では、狭帯域化による波長帯域幅（スペクトル幅）については、狭帯域化しない前の自然発振スペクトル幅の約 $1/300$ に相当する 1 pm ($= 1 \times 10^{-12}$) 程度の精度が要求され、波長安定化による中心波長の誤差については、 $\pm 0.25\text{ pm}$ 程度の精度が要求されている。また、当然のことながら、露光量の制御もこれらの装置には要求される。

上記の波長安定化の制御を実現するためには、エキシマレーザ光の光学特性（中心波長及びスペクトル半値幅等）をモニタする必要がある。エキシマレーザ装置の波長モニタ部は、一般にファブリペロ一分光器であるエタロンとそのフリンジパターンを検出するラインセンサ等で構成されている。

また、レーザ光の中心波長、スペクトル半値幅をモニタし、これらをフィードバック制御するには、デコンボリューションと呼ばれる分光学的な処理も必要である。これは波長モニタ部を構成するエタロンに基準波長光源である同位体水銀ランプや鉄ランプの輝線スペクトルを入射すると、その中心波長及びスペクトル半値幅に応じたフリンジパターンが生じるが、このフリンジパターンはエタロン干渉計との干渉作用により、実際のスペクトル半値幅より太く検出されてしまうという現象（コンボリューション）が生じるため、その影響を除かねばならないからである。

ところで、近年におけるスループット向上の要請から、エキシマレーザの高繰り返し化が推し進められてきており、この高繰り返し化を実現するためにパルス圧縮回路が大型化しひいてはエキシマレーザ装置が大型化している。この

ため、エキシマレーザ装置を露光光源とする近年の露光装置では、露光装置本体を内部の気圧、温度、湿度等が所定の目標値に高精度に制御されたエンバイロンメンタル・チャンバと呼ばれるチャンバ内に収納し、該チャンバの外部にエキシマレーザ装置を別置きにし、両者をビームマッチングユニットと呼ばれる光軸調整用の光学系を一部に含む引き回し光学系を介して接続する構成が採用されている。

しかしながら、上記従来のエキシマレーザ装置を用いた露光装置にあっては、エキシマレーザ装置が露光装置本体と別置きであったことから、エキシマレーザ装置から引き回し光学系及び照明光学系等の光学系を通過する間に、エキシマレーザ装置の筐体内とチャンバ内との温度、圧力等の環境条件の違い等に起因してレーザ光の光学特性が変動するという現象が生じていた。

従って、上述のようにエキシマレーザ装置の筐体内でフリンジパターンの検出等を行い、これに基づいてスペクトル半値幅等の制御を行っていたのでは、露光装置本体に導かれるレーザ光の中心波長、スペクトル半値幅及びエネルギー集中度を所望の値に保持できなかった。このような場合、投影光学系は所定の露光波長にのみ合わせて調整されているため、結果的に投影光学系の色収差が発生するとともに、倍率、ディストーション及びフォーカス等の結像特性が変動するという現象も生じていた。

また、上述したエキシマレーザ装置の大型化とともに、チップサイズの増大に伴い、ウエハの大口径化、ステージの大型化等による露光装置本体の大型化も進んでいるため、クリーンルーム内に占める露光装置のフットプリントがますます増大するようになってきた。このフットプリントを減少させるための手法として、エキシマレーザ装置をクリーンルームに比べてクリーン度の低いサービスルーム内に別に置く等の方法も採用されている。しかしながら、かかる手法によれば、引き回し光学系が長くなり、露光装置本体が収納されたチャンバ内の環境条件と、エキシマレーザ装置内の環境条件との相違がさらに大きく

なり、上述したレーザ光の光学特性の変動や投影光学系の結像特性の変動が更に顕著になる。

更には、従来のように露光装置本体とエキシマレーザ装置とが別置きの場合には、レーザ装置と露光装置本体側との光軸合わせを、レーザ装置と引き回し光学系と露光装置本体内照明光学系との3者間で行わなければならず、その光軸合わせ作業が面倒で時間が掛かるものとなっていた。従って、レーザ交換その他のメンテナンス時のダントンタイムが長く、生産性が低下するという好ましくない事態が生じていた。また、上述のようにステージの大型化、高速化が進むと、ステージの移動に伴う反力も増大し、露光装置本体がその反力に耐え切れず、本体全体が傾く程になるが、かかる場合に、引き回し光学系の光軸と露光装置本体側の照明光学系の光軸とがずれてしまい、結果的に転写像の悪化を招くという現象も生じていた。

また、半導体素子の高集積化に伴いパターン線幅がますます微細化し、露光装置の解像力のますますの向上が要求され、このため露光波長の短波長化とともに投影光学系の高N. A. 化が要求されるようになってきた。この高N. A. 化に伴い、エキシマレーザ装置に対する狭帯域化の要求がさらに厳しくなり、よりスペクトル半値幅、エネルギー集中度への要求が厳しくなっている。このように狭帯域化の要求が厳しくなると、エタロンの生成するフリンジパターンはエタロン雰囲気の温度や圧力の影響を受けるため、エタロン雰囲気の温度変動や大気圧変動の影響が無視出来なくなるとともに、前述したデコンボリューション処理が困難になってしまう。

また、デバイスルール（実用最小線幅）は、将来的にますます微細化することは確実であり、次世代の露光装置ではますます高い重ね合わせ精度が要求される。この重ね合わせ精度は、例えばディストーション成分を如何に抑えるかに左右される。また、焦点深度の増大の為には、UDOF（ユーザブルDOF）の増化及びフォーカスの安定性が必要になる。いずれも、高度な中心波長の

安定性及びスペクトル半値幅の制御性が要求されるが、これは上記のデコンボリューション処理を如何に安定にかつ精度よく行うかに依存する。

本発明は、かかる事情の下になされたもので、その目的は、高集積度のマイクロデバイスの生産性を向上できるとともにその生産コストの低減を図ることが可能な露光装置及びデバイス製造方法を提供することにある。

発明の開示

本発明は、第1の観点からすると、エネルギー빔(1L)によりパターンが形成されたマスク(R)を照明し、前記パターンを基板(W)上に転写する露光装置であって、光源部を含み、前記エネルギー빔を出射するレーザ装置(1、13、21、22)と；前記エネルギー빔で前記基板を露光する露光装置本体と；前記光源部の少なくとも一部と前記露光装置本体とを収納する環境制御チャンバ(11)とを備える露光装置である。

これによれば、レーザ装置を構成する光源部の少なくとも一部を、露光装置本体と同一の環境制御チャンバ内に収納したことから、レーザ装置全体を露光装置本体と別置きにする従来例に比べて装置のフットプリントの低減が可能である。また、光源部の一部又は全部と露光装置本体との温度、圧力等の環境条件を同一にすることが可能になり、これにより、光源部と露光装置本体との温度の差によるレーザ光の中心波長のずれ、スペクトル半値幅、エネルギー集中度の変動等を抑制することが可能になる。従って、例えばエネルギー集中度の変動の抑制により露光量制御性の向上、ひいては露光精度の向上が可能となる。従って、本発明によれば、フットプリントの低減によるクリーンルームの設備コストの低減によるマイクロデバイスの生産コストの低減と、露光精度の向上による歩留まりの向上によりマイクロデバイスの生産性の向上が可能である。

この場合において、前記露光装置本体は、前記エネルギー빔を前記基板上に投射する投影光学系を含んでいても良い。かかる場合には、波長ずれによる

投影光学系の色収差、倍率、フォーカス及びディストーション等の結像特性の変動を抑制することができ、結果的に露光精度（重ね合わせ精度を含む）の向上が可能である。

この場合において、前記レーザ装置は、波長 300 nm 以下のパルス紫外光を出力するレーザ装置であっても良い。かかる波長帯域の光は投影光学系の硝材がホタル石等のフッ化物結晶に限定され、かかる硝材を用いた場合には実質的に色収差の補正が困難なので、投影光学系の色収差をほぼ抑制できる本発明がより大きな効果を發揮すると言える。

本発明に係る露光装置では、前記環境制御チャンバに収納される前記光源部の一部には、レーザ共振器が少なくとも含まれていても良い。

ここで、「レーザ共振器」とはレーザ発光光源そのものに限らず、レーザ発光光源と波長狭帯域化素子とが一体化されている場合には、それらの全体を意味し、本明細書においてはかかる意味でレーザ共振器なる用語を用いている。

かかる場合には、レーザ装置を構成するレーザ共振器を含む光源部の一部が、露光装置本体と同一の環境制御チャンバ内に収納されることから、上記と同様に、装置フットプリントの低減が可能となるとともに、レーザ共振器と露光装置本体との温度、圧力等の環境条件を実質的に同一にすることが可能になる。これに加え、レーザ装置を別置きにする場合に比べてレーザ光の光路が短くなるので、光路通過中におけるレーザ光のスペクトル半値幅の変動等が小さくなるとともに、光路引き回しのための光学部品の点数を削減することができる。従って、装置のコストの低減により、マイクロデバイスの生産コストの一層の低減が可能である。

この場合において、前記レーザ共振器は波長 180 nm 以下のパルス紫外光を出力するものであることが望ましい。かかる波長帯域のパルス紫外光を露光用照明光として用いる露光装置では、硝材が高価なホタル石等のフッ化物結晶等に限られるので、上述した光学部品点数の削減の効果が大きくなるためであ

る。

本発明に係る露光装置では、レーザ共振器が露光装置本体と同一の環境制御チャンバ内に収納されている場合に、前記レーザ共振器からのエネルギービームを前記マスクに導く照明光学系（12A、12B）と；前記レーザ共振器と前記照明光学系の少なくとも一部とが搭載される支持部材（50）とを更に備えることができる。かかる場合には、レーザ共振器の交換等のメンテナンス作業時に、レーザ共振器と照明光学系との光軸を合わせるだけで光軸合わせ作業を容易に行うことができ、ダウンタイムを低減することができる。また、ステージの移動により露光装置本体が傾斜しても、レーザ装置と照明光学系の少なくとも一部との間には、光軸のずれが生じないので、光軸ずれに起因する転写像の劣化を防止することができる。従って、半導体素子等のマイクロデバイスの生産性を一層向上させることができる。

この場合において、前記照明光学系は、前記支持部材上に搭載された第1部分光学系（12A）と前記露光装置本体側の架台に搭載された第2部分光学系（12B）とを有し、前記第2部分光学系の前記第1部分光学系との境界近傍にオプティカルインテグレータ（35）が配置されていても良い。かかる場合には、露光装置本体を構成する基板ステージ等の移動により露光装置本体が傾斜しても、レーザ共振器と第1部分光学系との間には、光軸のずれが生じず、しかも第2部分光学系の第1部分光学系との境界近傍にオプティカルインテグレータが配置されているので、第2部分光学系に対する第1部分光学系の光軸のずれは殆ど問題とならない。従って、光軸ずれに起因する転写像の劣化を防止することができる。

本発明に係る露光装置では、レーザ共振器と照明光学系の少なくとも一部とが同一の支持部材上に搭載されている場合に、前記環境制御チャンバ（11）に収納される前記光源部の一部には、波長モニタ（22）部及びその基準波長光源（21）が更に含まれ、前記波長モニタ部及びその基準波長光源の少なく

とも一方が、前記支持部材上に搭載されていても良い。

本発明に係る露光装置では、前記環境制御チャンバ（11）に収納される前記光源部の一部には、波長モニタ部（22）及びその基準波長光源（21）が少なくとも含まれていても良い。かかる場合には、レーザ装置を構成する波長モニタ部とその基準波長光源が露光装置本体と同一の環境制御チャンバ内に設置されているので、基準波長光源と波長モニタ部との温度差、圧力差等による中心波長のずれ、スペクトル半値幅、及びエネルギー集中度の変動を最小化することができ、それらに起因する投影光学系の結像特性の変動、例えばフォーカス変動及びディストーション変動などを最小化することができる。従って、より高精度なパターンの転写が可能になる。

この場合において、上記のレーザ装置として、例えばKrFエキシマレーザ装置を用いる場合、前記基準波長光源としてAr倍波レーザ光源を用いても良い。このAr倍波レーザ光源の中心波長（248, 253 nm）はKrFエキシマレーザの設計波長（248, 385 nm）に非常に近くリファレンスとして好適であり、かつそのスペクトル半値幅（0, 01 pm以下）が非常に狭いため、高精度なデコンボリューション処理が可能となり、高度な中心波長の安定性及びスペクトル半値幅の制御性を確保でき、これにより結像特性の変動、特にディストーション成分を効果的に抑制して重ね合わせ精度を向上できるとともに、UDOFの増化及びフォーカスの安定性確保による焦点深度の増大が可能になる。

本発明に係る露光装置では、環境制御チャンバに収納される光源部の一部に、波長モニタ部及びその基準波長光源が少なくとも含まれる場合に、前記レーザ装置を構成するレーザ共振器及び前記基準波長光源から前記波長モニタ部に選択的にエネルギーbeamを入射させる光路切替器（31, 32）と；前記光路切替器を介して前記基準波長光源からのエネルギーbeamを前記波長モニタ部に導き入れて前記波長モニタ部のキャリブレーションを行う制御装置（20）と

を更に備えることができる。かかる場合には、制御装置により、光路切替器を介して基準波長光源からのエネルギービームを波長モニタ部に導き入れて波長モニタ部のキャリブレーションを行うことができるので、適宜な間隔で上記の波長モニタ部のキャリブレーション（基準波長光源からのエネルギービームを基準とするレーザ共振器からのエネルギービームのキャリブレーション）を行うことにより、レーザ共振器から出射されるエネルギービームの中心波長、スペクトル半値幅等を所望の値に維持することが可能になり、結果的に投影光学系の色収差の発生がほぼ抑えられ高精度な露光が可能に成る。

この場合において、前記制御装置は、前記エネルギービームの前記基板側への照射が不要な非露光時に前記波長モニタ部のキャリブレーションを行うことが望ましい。かかる場合には、上記の波長モニタ部のキャリブレーションが露光装置のスループットに殆ど影響を与えない。例えば、前記制御装置は、前記マスク又は基板の交換工程と並行して前記波長モニタ部のキャリブレーションを行っても良いし、アライメント工程と並行して前記波長モニタ部のキャリブレーションを行っても良い。

本発明に係る露光装置では、環境制御チャンバに収納される光源部の一部に、波長モニタ部及びその基準波長光源が少なくとも含まれる場合に、その光源部の一部には、レーザ共振器が更に含まれていても良い。かかる場合には、前述したように、装置フットプリントの低減が可能となるとともに、レーザ共振器と露光装置本体との温度、圧力等の環境条件を実質的に同一にすることが可能になる。また、レーザ共振器の交換等のメンテナンス作業時に、光軸合わせ作業を容易に行うことができ、ダウンタイムを低減することができる。

本発明に係る露光装置では、環境制御チャンバに収納される光源部の一部に、波長モニタ部及びその基準波長光源並びにレーザ共振器が含まれている場合に、前記光源部と前記露光装置本体との温度調整を行い、前記環境制御チャンバ内の全ての光学系が全体的に均一な温度となるように制御する制御装置を更

に備えることができる。かかる場合には、光源部と露光装置本体との温度の差によるレーザ光の中心波長のずれ、スペクトル半値幅、エネルギー集中度の変動等を防止することが可能になる。従って、波長ずれによる投影光学系の倍率、フォーカス及びディストーション等の結像特性の変動を最小限に抑制することができる。

本発明は、第2の観点からすると、エネルギー빔により基板を露光する露光装置の製造方法であって、光源部を含み、前記エネルギー빔を出射するレーザ装置を提供する工程と；前記レーザ装置からの前記エネルギー빔によりパターンが形成されたマスクを照明する照明光学系を提供する工程と；前記マスクから出射される前記エネルギー빔を前記基板に投射する投影光学系を含み、前記パターンを前記基板に転写する露光装置本体を提供する工程と；前記光源部の少なくとも一部と前記露光装置本体とを収納する環境制御チャンバを提供する工程とを含む露光装置の製造方法である。

これによれば、照明光学系、投影光学系、並びにその他の様々な部品を露光装置本体に組み込み、機械的、光学的、及び電気的に組み合わせて調整し、更にレーザ装置の光源部の少なくとも一部と露光装置本体とを環境制御チャンバ内に収納することにより、本発明の露光装置を製造することができる。この場合、例えば、ステップ・アンド・リピート方式等の静止露光型の投影露光装置を製造することができる。

本発明に係る露光装置の製造方法では、前記マスクと前記基板とを一次元方向に同期移動する駆動装置を提供する工程を更に含むことができる。かかる場合には、例えばステップ・アンド・スキャン方式等の走査型の露光装置を製造することができる。

また、リソグラフィ工程において、本発明の露光装置を用いて露光を行うことにより、基板上に複数層のパターンを重ね合せ精度良く形成することができ、これにより、より高集積度のマイクロデバイスを歩留まり良く製造すること

ができ、その生産性を向上させることができる。従って、本発明は別の観点からすると、本発明の露光装置を用いるデバイス製造方法であるとも言える。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の一実施形態に係る露光装置の構成を概略的に示す図である。

図 2 は、本発明に係るデバイス製造方法の実施形態を説明するためのフローチャートである。

図 3 は、図 2 のステップ 204 における処理を示すフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の一実施形態を図 1 に基づいて説明する。

図 1 には、本発明の一実施形態に係る露光装置 10 の構成が概略的に示されている。この露光装置 10 は、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置である。

この露光装置 10 は、光源部、照明光学系 (12A、12B) 及びミラー 14 等を含む照明系、マスクとしてのレチクル R を保持するレチクルステージ R ST、投影光学系 PL、基板としてのウエハ W を保持して X Y 面内を 2 次元移動するウエハステージ W ST 及びこれらを制御する主制御装置 20 等を備えている。これらの構成各部は、内部を防塵するとともに温度、圧力、湿度等が目標値に対して非常に高精度に制御された環境制御チャンバとしてのエンバイロメンタル・チャンバ (以下、適宜「チャンバ」と略述する) 11 内に収納されている。

なお、図 1 ではチャンバ 11 が単一の筐体から構成されているが、例えばチャンバ内を仕切板で区切って複数の空間を形成する、あるいはチャンバを複数の筐体から構成し、露光装置本体を複数に分けてその空間又は筐体にそれぞれ

配置するようにしても良い。このとき、その空間又は筐体毎にその環境を独立に制御するようにしても良い。また、チャンバ内の環境制御に用いられる空調機などは1つでも良いし、あるいは2つ以上でも良い。なお、レーザ共振器は照明光学系の少なくとも一部と同一の空間又は筐体内に設けることが望ましいが、環境をほぼ同一に制御可能ならば、両者を異なる空間又は筐体に配置しても良い。

なお、主制御装置20は、ワークステーション（又はマイクロコンピュータ）から成り、露光装置10の構成各部を統括的に制御する。この主制御装置20は、必ずしもチャンバ11内に配置する必要はないが、図1では図示の都合上からチャンバ11内に配置した状態が示されている。この主制御装置20の後述するような種々の機能を複数のプロセッサの組み合わせにより実現しても勿論良い。

前記光源部は、チャンバ11の外部に設置されたレーザ電源部13とともに、レーザ装置としてのKrfエキシマレーザ装置を構成するものである。ここでは、この光源部は、レーザ共振器1、波長モニタ部としてのビームモニタ機構22及びこのビームモニタ機構22の基準波長光源21等を含む。レーザ共振器1は、狭帯域化モジュール2と、不図示の放電電極を含むレーザチャンバ3とから構成されている。

前記レーザ電源部13は、高圧電源と、この高圧電源を用いてレーザチャンバ3内部の不図示の放電電極を所定のタイミングで放電させるパルス圧縮回路（スイッチング回路）等を含んで構成されている。

前記狭帯域化モジュール2は、プリズムと回折格子（グレーティング）とを組み合わせたものや、エタロン（Fabry-Perot etalon）といった2枚の平面鏡を平行に配置した干渉型の帯域フィルタ等の光学素子から構成されており、レーザ共振器1から射出されるレーザビームのスペクトル幅を、ここでは自然発振スペクトル幅の約1/100～1/300程度に狭めて出力する。この場合

、レーザ共振器1から中心波長 λ_0 ($\lambda_0 = 248.385\text{ nm}$: 設計波長) でスペクトル幅 S_0 (S_0 は設計スペクトル幅) のレーザビームが出力されるものとする。以下の説明では、このレーザビームを適宜、「パルス照明光IL」と呼ぶものとする。

前記レーザチャンバ3内には、所定の混合比のレーザガス（これは媒体ガスであるクリプトンKr、フッ素F₂及びバッファガスであるヘリウムHeから成る）Gが充填されている。このレーザチャンバ3には、バルブ4を介して不図示の排気系の一部を成すフレキシブルなチューブから成る排気管6が接続されている。この排気管6はエンバイロンメンタル・チャンバ11の外部に延びており、この排気管6のチャンバ11の内部側には、フッ素をトラップする除害用フィルタ15が設けられ、その外部側には排気用ポンプ17が設けられている。これは排気用ポンプ17の振動が結像やアライメント等に影響を与えないようにするとともに、フッ素の毒性を考慮して除外用フィルタ15により排気ガスを無害化した後ポンプ17によりチャンバ11外部へ排出することにしたものである。なお、チャンバ11内部に除振用のダンパを設け、その位置にポンプを設置するようにしても良い。

また、レーザチャンバ3には、バルブ5を介してフレキシブルなガス管7の一端が接続され、このガス管7の他端はチャンバ11外部に延びてKr、F₂、Heなどのガスボンベ（図示省略）に接続されている。

バルブ4及びバルブ5は、主制御装置20によって開閉制御されるようになっている。主制御装置20では、例えばインジェクション時には不図示のフッ素ガスボンベのバルブ及びバルブ5を開いてフッ素ガスF₂をレーザチャンバ3内に供給する。また、ガス交換の際には、主制御装置20では、バルブ4を開いて劣化したレーザガスGの全部を排出し、さらに大気圧以下に排気するために不図示の真空ポンプを作動させる。そして、排気が終了した後、バルブ4を閉じるとともにバルブ5を開き、適当な減圧弁により不図示のガスボンベ中

の上記各ガスが所定の圧力に減圧されるように接続されている各バルブを適宜開閉し、上記各ガスをレーザチャンバ3内に供給する。この際、主制御装置20では、レーザチャンバ3内のレーザガスGが所定の混合比及び圧力になるよう調整する。

前記レーザチャンバ3は、放電部であるため、その温度は非常に高温になる。このため、本実施形態では、このレーザチャンバ3は、十分に熱的に周囲と隔離した上で、水などの冷媒で一定温度に温度制御が行われるようになっている。すなわち、このレーザチャンバ3の周囲には不図示の冷却水配管が張り巡らされており、この冷却水配管もまた不図示のフレキシブルチューブにて外部と接続されている。この冷却水配管内には外部の冷却装置から水あるいは他の冷媒が循環供給されており、その冷媒の温度が冷却装置の制御系によって一定温度に制御されている。

なお、レーザチャンバ3は温度調整のために、内部にヒータ等の熱源を持つても構わない。また、レーザチャンバ3をケースに収納してその内部を温度制御するようにしても良い。

前記レーザ共振器1から射出されるパルス照明光1Lの光路後方には、該パルス照明光1Lを殆ど透過させ一部を反射する透過率97パーセント程度のビームスプリッタ16が配置され、このビームスプリッタ16で反射されたパルス照明光1Lの光路上にハーフミラー24を介在させて前記ビームモニタ機構22が配置されている。前記ハーフミラー24は、基準波長光源21からの光の光路上に位置している。

さらに、ビームスプリッタ16とハーフミラー24との間の光路上には、図1における紙面内左右方向(Y方向)に移動して該光路を開閉する第1シャッタ31が設けられ、また、基準波長光源21とハーフミラー24との間の光路上には、図1における紙面直交方向(X方向)に移動して該光路を開閉する第2シャッタ32が設けられている。

従って、ビームモニタ機構 22 には、ビームスプリッタ 16 で反射されたパルス照明光 IL 及び基準波長光源 21 からの光が入射可能な構成となっている。この場合、第 1 シャッタ 31 及び第 2 シャッタ 32 の開閉が主制御装置 20 によって不図示のシャッタ駆動機構を介して制御され、パルス照明光 IL 及び基準波長光源 21 からの光がハーフミラー 24 を介して逐一的にビームモニタ機構 22 に入射するようになっている。主制御装置 20 は、通常は、図 1 に示されるように第 1 シャッタ 31 を開状態にし、第 2 シャッタ 32 を閉状態にしているが、後述するビームモニタ機構 22 の絶対波長キャリブレーションの際等には、第 1 シャッタ 31 を閉状態にし、第 2 シャッタ 32 を開状態にする。すなわち、本実施形態では、第 1 シャッタ 31 と第 2 シャッタ 32 とによって、レーザ共振器 1 及び基準波長光源 21 からビームモニタ機構 22 に選択的にエネルギー ビームを入射させる光路切替器が構成され、この光路切替器を制御する制御系が主制御装置 20 によって構成されている。

ビームモニタ機構 22 は、ここではディフューザ、エタロン素子、ラインセンサ及びエネルギー モニタ（いずれも図示省略）から構成されている。このビームモニタ機構 22 の検出信号は、主制御装置 20 に供給されるようになっている。ビームモニタ機構 22 を構成するディフューザを通過した光はエタロン素子で回折し、フリンジパターンを形成する。このフリンジパターンは、入射光の中心波長、スペクトル半値幅に対応したものとなっており、ラインセンサからこのフリンジパターンの撮像信号が主制御装置 20 に出力される。主制御装置 20 ではこのフリンジパターンの撮像信号に所定の信号処理（前述したデコンボリューション処理を含む）を施すことにより、ビームモニタ機構 22 に対する入射光の光学特性に関する情報を得るようになっている。また、同時に主制御装置 20 ではエネルギー モニタの出力に基づいてパルス照明光 IL のエネルギー パワーをも検出する。

前記レーザチャンバ 3 及び狭帯域化モジュール 2（より具体的には、狭帯域

化モジュール 2 を構成するグレーティングやプリズム、エタロン等の分光素子の駆動機構) が、上記ビームモニタ機構 2 2 に対する入射光の光学特性に関する情報(ビームモニタ機構 2 2 の検出結果)に基づいて主制御装置 2 0 により制御され、中心波長及びスペクトル半値幅が所望の範囲内に制御されるようになっている。

ところで、ビームモニタ機構 2 2 の中のエタロン等の分光素子は、温度変動や圧力変動によってその回折特性等を変化させるため、本実施形態では、かかる点に鑑みて、ビームモニタ機構 2 2 及び基準波長光源 2 1 を、レーザチャンバ 3 と同様に一定温度に保つべく、主制御装置 2 0 によって温度制御が行われている。この場合、ビームモニタ機構 2 2 及び基準波長光源 2 1 の温度制御は、それらが相互に同じ温度になるように且つチャンバ 1 1 内の目標温度とほぼ同一温度になるように行われる。

前記基準波長光源 2 1 は、ビームモニタ機構 2 2 の絶対波長キャリブレーションを行う際の基準光源であって、ここでは Ar 倍波レーザ光源(アルゴンイオン 2 倍高調波レーザ光源)が用いられている。この Ar 倍波レーザ光源の中心波長は 248.253 nm と、KrF エキシマレーザ装置の中心波長 $\lambda_0 = 248.385 \text{ nm}$ に非常に近くそのリファレンスとして好適であり、しかもそのスペクトル半値幅が 0.01 pm 以下と非常に狭いため、前述したデコンボリューション処理を精度良く行うことができることから、これを採用したものである。

ここで、主制御装置 2 0 によって行われるビームモニタ機構 2 2 の絶対波長キャリブレーションについて簡単に説明する。この絶対波長キャリブレーションに際しては、主制御装置 2 0 では第 1 シャッタ 3 1 を開き、第 2 シャッタ 3 2 を閉じた図 1 の状態で、ビームモニタ機構 2 2 からのその時のパルス照明光 1 L に対応するフリンジパターンの情報を得、その情報を不図示の画像メモリに記憶する。

次に、主制御装置 20 では、第 1 シャッタ 31 を閉じてビームモニタ機構 22 に対する照明光 IL の入射を遮断すると同時に、第 2 シャッタ 32 を開いて基準波長光源 21 からの光をビームモニタ機構 22 に入射させる。そして、このときビームモニタ機構 22 から得られるフリンジパターンと画像メモリ内のフリンジパターン（その直前まで入射していたパルス照明光 IL のフリンジパターン）とを比較することにより、パルス照明光 IL の波長の基準波長からのずれを求め、この求めたずれを補正するように、狭帯域化モジュール 2 を調整することによって、パルス照明光 IL の絶対波長キャリブレーションを行う。

ところで、上記のフリンジパターンの比較に際して、デコンボリューション処理を行う必要があるが、このデコンボリューションの対象となるコンボリューション（フリンジパターンの太り方）は各露光装置に固有のものであり、装置関数と呼ばれる量である。基準波長光源として同位体水銀ランプや鉄ランプを用いていた従来のエキシマレーザ露光装置では、装置関数とエキシマレーザに求められているスペクトル半値幅がかなり近接したオーダーになって、正確なデコンボリューション処理ができなくなりつつあった。これに対して、本実施形態では、基準波長光源として Ar 倍波レーザを用いており、この Ar 倍波レーザのスペクトル半値幅は非常に狭く、0.01 pm 以下であることから、帯域幅が無限に細い光とみなして、Ar 倍波レーザの実測波形を装置関数としてデコンボリューション処理を行うことが可能となっている。従って、デコンボリューションを正確に行うことができるとともに、結果的にパルス照明光 IL の絶対波長キャリブレーションを正確に、すなわち設計波長にほぼ正確に調整することができる。

前記照明光学系は、第 1 部分光学系 12A と第 2 部分光学系 12B の 2 部分から構成されている。この内、第 1 部分光学系 12A は、ビーム整形光学系、減光部等を含み、第 1 照明光学系ケース 33 内に収納されている。また、第 2 部分光学系 12B は、オプティカルインテグレータ（ホモジナイザ）としての

フライアイレンズ35、視野絞り（レチクルブラインド）、リレーレンズ系、及びコンデンサーレンズ等の光学系を含み、ミラー14と共に第2照明光学系ケース34内に収納されている。

なお、図1では図示が省略されているが、レーザ共振器1と第1部分光学系12Aとの間に配置される光学素子（本実施形態ではビームスプリッタ16のみ）と、基準波長光源21、ビームモニタ機構22、ハーフミラー24、並びに第1及び第2シャッタ31、32とが同一ケース内に収納されている。また、レーザ共振器1及び照明光学系（照明光学系ケース33、34など）の内部には、例えばドライエア、又は窒素などの不活性ガスが供給されるようになっている。これにより、レーザチャンバ3からレチクルRまでの照明光ILの光路が全域に渡ってドライエア、又は不活性ガスで覆われることになり、異物（シリコン系有機物、イオンなど）の付着などに起因して生じるレチクルR上の照度低下（照明光学系の透過率低下）を防止することが可能となっている。このとき、ドライエア又は不活性ガスの温度、及び圧力を調整してレーザ共振器1や照明光学系に供給している。なお、チャンバ11に供給される空気が化学的にクリーンであってその内部の清浄度が良好に維持されるならば、前述のようにチャンバ11内で照明光学系などを隔離して配置しなくても良い。

ここで、レーザ共振器1、ビームスプリッタ16、照明光学系（第1部分光学系12A、第2部分光学系12B）及びミラー14等を含んで構成される照明系の作用について簡単に説明する。

レーザ共振器1から射出されたパルス照明光ILは、ビームスプリッタ16に入射しその一部（97%程度）が透過して第1部分光学系12Aに入射する。この第1部分光学系12A内では、パルス照明光ILは、ビーム整形光学系によってビームの断面形状が整形され、レーザビームの透過率を複数段階で切り換える減光部を介して第2部分光学系12B内のフライアイレンズ35に至り、ここを通過してその照度分布が均一な光となって、レチクルR上の照明領

域 I A R を規定する視野絞り（レチクルブラインド）を照明する。そして、この視野絞りの開口を通過したパルス照明光 I L はリレーレンズ及びコンデンサーレンズ等を介してミラー 1 4 に達し、ここで下方に折り曲げられた後、レチクル R 上の上記視野絞りで規定された照明領域 I A R を均一な照度で照明する。

一方、前記残り（3 %程度）のパルス照明光 I L は、ビームスプリッタ 1 6 で反射され、第 1 シャッタが開状態である通常時にはハーフミラー 2 4 を透過してビームモニタ機構 2 2 に入射することは前述した通りである。

本実施形態では、上述した第 1 照明光学系ケース 3 3 は、支持部材としての架台 5 0 上に搭載されている。また、この架台 5 0 上には、KrF エキシマレーザ装置の光源部を構成するレーザ共振器 1 、ビームモニタ機構 2 2 及び基準波長光源 2 1 も搭載されている。

なお、本実施形態では第 1 照明光学系ケース 3 3 を架台 5 0 上に搭載するものとしたが、照明光学系の全てを架台 5 0 上に搭載しても良い。また、オプティカルインテグレータ（フライアイレンズ）3 5 を境に照明光学系を 2 つに分けたが、その分割箇所や分割数は任意で良い。更に、照明光学系の少なくとも一部とレーザ共振器 1 とを同じ架台上に搭載することが好ましいが、これに限らずチャンバ 1 1 内で両者を異なる架台上に搭載しても良い。

また、第 2 照明光学系ケース 3 4 は、後述するレチクルステージ R S T 、投影光学系 P L 及びウエハステージ W S T 等が搭載された不図示の架台上に搭載されている。この場合、レチクルステージ R S T 、投影光学系 P L 及びウエハステージ W S T 等及びこれらが搭載された架台によって露光装置本体が構成されている。

なお、露光装置本体は第 1 及び第 2 部分光学系 1 2 A 、 1 2 B とミラー 1 4 とを含む。また、同一架台に配置される、照明光学系の少なくとも一部（本実施形態では第 2 照明光学系ケース 3 4 のみ）、レチクルステージ R S T 、投影

光学系 P L、及びウエハステージ W S T の一部を、残りとは別の架台上に設ける、あるいはそれらをそれぞれ異なる架台上に設けるようにしても良い。

前記レチクルステージ R S T 上にはレチクル R が、例えば真空吸着により固定されている。この場合、露光光源として KrF エキシマレーザ装置が用いられているため、レチクル R の材質は合成石英が用いられている。

レチクルステージ R S T は、レチクルベース 2 3 上をリニアモータ等で構成されたレチクル駆動部 4 1 により駆動され、照明光学系の光軸 I X（後述する投影光学系 P L の光軸 A X に一致）に垂直な平面内で所定の走査方向（ここでは Y 軸方向とする）に所定ストロークの範囲内で移動可能となっている。また、レチクルステージ R S T は、レチクル R を位置決めするため、X 軸方向及び X Y 平面に直交する Z 軸回りの回転方向にも微少駆動可能に構成されている。

レチクルステージ R S T の位置及び回転量（ピッティング量、ローリング量及びヨーイング量）は、不図示のレチクルレーザ干渉計システムによって例えば数 0.5 ~ 1 nm 程度の分解能で常時計測されており、このレチクルレーザ干渉計システムからのレチクルステージ R S T の位置情報は主制御装置 2 0 に送られ、主制御装置 2 0 ではレチクルステージ R S T の位置情報に基づいてレチクル駆動部 4 1 を介してレチクルステージ R S T を制御する。

前記投影光学系 P L は、レチクルステージ R S T の図 1 における下方に配置され、その光軸 A X（照明光学系の光軸 I X に一致）の方向が Z 軸方向とされている。この投影光学系 P L としては、例えば両側テレセントリックな縮小光学系であって、光軸 A X 方向に沿って所定間隔で配置された複数枚のレンズエレメントから成る屈折光学系が使用されている。この投影光学系 P L の投影倍率は、例えば 1/4、1/5、あるいは 1/6 である。このため、照明光学系からの照明光 I L によってレチクル R の照明領域 I A R が照明されると、このレチクル R を通過した照明光 I L により、投影光学系 P L を介して前記照明領域 I A R 内部分に相当するレチクル R のパターン領域（回路パターン）の一部

の像（部分倒立像）が表面にフォトレジストが塗布されたウエハW上に縮小投影される。

なお、パルス照明光ILとしてKrFエキシマレーザ光が用いられていることに対応して、投影光学系PLを構成する各レンズエレメントとしては合成石英のみ、あるいは合成石英とホタル石の両方が用いられている。

また、投影光学系PLの鏡筒部には、その外周部に冷却ジャケットが装着されており、この冷却ジャケット内に一定温度に温調された冷媒が循環供給されている。この場合、その冷媒の温調は主制御装置20によって行われている。

主制御装置20では、チャンバ11内の全ての光学系が可能な限りほぼ均一の温度になるように温度調整をおこなっている。また、主制御装置20では、不図示の空調系を介してチャンバ11内各部がほぼ同一の目標温度及び目標圧力になるように温調及び圧力調整等を行っている。

前記ウエハステージWSTは、不図示のベース上を走査方向であるY軸方向（図1における左右方向）及びこれに直交するX軸方向（図1における紙面直交方向）に移動可能なXYステージ18と、このXYステージ18上に設けられたZステージ17とを備えている。

XYステージ18は、実際には、2次元リニアアクチュエータ（平面モータ）等によって前記ベース上でXY2次元方向に駆動されるようになっており、また、Zステージ17は、不図示の駆動機構、例えば3つのアクチュエータ（ボイスコイルモータなど）によりZ方向に所定範囲（例えば $100\mu m$ の範囲）内で駆動され、かつ傾けられるようになっているが、図1ではこれらの2次元リニアアクチュエータ、駆動機構等が代表してウエハ駆動装置42として図示されている。

Zステージ17上に不図示のウエハホルダを介してウエハWが吸着保持されている。また、Zステージ17上には、いわゆるベースライン計測等のための

各種基準マークが形成された基準マーク板FMがその表面がウエハWとほぼ同一高さとなるようにして固定されている。また、Zステージ17（即ちウエハW）のXY面内の位置及び回転量（ピッティング量、ローリング量及びヨーイング量）は、不図示のウエハレーザ干渉計システムによって例えば0.5～1nm程度の分解能で常時計測されており、この干渉計システムからのZステージ17の位置情報（又は速度情報）は、主制御装置20に送られ、主制御装置20ではZステージ17の位置情報（又は速度情報）に基づいてウエハ駆動装置42を介してウエハWをXY面内で位置制御する。また、主制御装置20では後述する焦点位置検出系の出力をも用いてウエハWのZ方向の位置及び傾斜（結像面に対する）を制御する。

更に、本実施形態の露光装置10では、不図示の保持部材を介して投影光学系PLに一体的に取り付けられた、照射光学系19aと受光光学系19bとを有し、ウエハWのZ方向の位置を、複数点でそれぞれ検出する斜入射光式の焦点位置検出系が設けられている。この焦点位置検出系（19a、19b）としては、例えば特開平6-283403号公報及びこれに対応する米国特許第5,448,332号等に開示された焦点位置検出系が用いられる。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記公報及び米国特許の開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

この他、本実施形態の露光装置10では、ウエハW上の各ショット領域に付設された不図示のアライメントマークを検出するためのオフアクシス方式のアライメント系26が投影光学系PLの側方に設けられている。このアライメント系26としては、ブロードバンド光をウエハW上のアライメントマーク（または基準マーク板FM）に照射し、その反射光を受光して画像処理方式によりマーク検出を行う結像式アライメントセンサ、レーザ光を格子マークに照射して回折光を検出するLIA（Laser Interferometric Alignment）方式のアライメントセンサ等種々のものを用いることができる。ここでは、アライメント

系26として、画像処理方式の結像式アライメントセンサを使用するものとする。かかる結像式アライメントセンサは、例えば特開平7-321030号公報及びこれに対応する米国特許第5,721,605号等に開示されている。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記公報及び米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

次に、上述のようにして構成された露光装置10による露光処理工程の動作の流れについて簡単に説明する。

まず、不図示のレチクル搬送系によりレチクルステージRST上のレチクルRが交換（あるいはレチクルステージRST上にレチクルが存在しない場合は、単にロード）され、主制御装置20によりレチクルアライメント、ベースライン計測等の準備作業が行われる。

次に、不図示のウエハ搬送系によりウエハステージWST上のウエハ交換が行われる。

上記のレチクル交換、レチクルアライメント、ベースライン計測、ウエハ交換等の方法は、公知のスキャニング・ステッパと同様に行われる。

次いで、主制御装置20では、不図示のレーザ干渉計システムをモニタしつつウエハ駆動装置42を介してウエハステージWSTを駆動してアライメント系26の直下にウエハW上の所定の複数のアライメントマークを順次位置決めしてそれらのアライメントマークの位置検出を行う。そして、この検出結果に基づいて例えば特開昭61-44429号公報及びこれに対応する米国特許第4,780,617号等に開示される最小2乗法を利用した統計学的手法を用いてウエハW上の全てのショット領域の配列座標を求める（このアライメント手法は「EGA（エンハンスト・グローバル・アライメント）」とも呼ばれる）。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記公報及び米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部

とする。

次に、主制御装置 20 では、上で求めたウエハ W 上のショット領域の配列座標に基づき、ウエハ駆動装置 42 を介して第 1 ショットの走査開始位置にウエハ W を移動した後、そのショットに対して次のような走査露光を行う。

すなわち、レチクル R の走査方向（Y 軸方向）に対して垂直な方向に長手方向を有する長方形（スリット状）の照明領域 IAR でレチクル R を照明しつつ、レチクル駆動部 41 及びウエハ駆動装置 42 を介してレチクル R（レチクルステージ RST）とウエハ W（ウエハステージ WST）とを走査方向（Y 軸方向に）沿って互いに逆向きに投影光学系 PL の投影倍率に応じた速度比 V_w/V_R で同期して駆動する。これにより、レチクル R のパターン領域のパターンがウエハ W 上のショット領域上に正確に縮小転写される。

このようにして、次ショット領域の走査開始位置へのステッピング動作と、ウエハ W 上のショット領域に対する走査露光によるレチクルパターンの転写とを繰り返し行うことにより、ステップ・アンド・スキャン方式の露光が行われ、ウエハ W 上の全ショット領域にレチクルパターンが転写される。

上記の露光処理工程の中で、レチクル交換、ウエハ交換、あるいはアライメント工程においては、パルス照明光 IL はレチクル上に照射されていない。

一方、前述したビームモニタ機構 22 の絶対波長キャリブレーションは、エタロンが発生するフリンジパターンの比較により行われるので、その所要時間は僅かである。そこで、主制御装置 20 では、上記のレチクル交換、ウエハ交換、あるいはアライメント工程と同時並行的に上記の絶対波長キャリブレーションを行うようになっている。これにより、スループットを低下させることなく、先に説明した精度の良い絶対波長キャリブレーションが実行される。

また、本実施形態の場合、チャンバ 11 内の全ての光学系がほぼ均一の温度に制御され、同一圧力の下にビームモニタ機構 22 や基準波長光源 21 が置かれているため、一定の頻度でビームモニタ機構 22 の絶対波長キャリブレーシ

ョンを行えば、温度変動や圧力差による中心波長及びスペクトル半値幅のドリフト等を抑制できる。

以上説明した本実施形態の露光装置10によると、エキシマレーザ装置を構成するレーザ共振器1、ビームモニタ機構22及びその基準波長光源21等を含む光源部を、露光装置本体と同一のエンバイロンメンタル・チャンバ11内に収納しているので、エキシマレーザ装置全体を露光装置本体と別置きにしていた場合に比べて装置のフットプリントの低減が可能である。すなわち、チャンバ11内に、元々存在していた空間を有効利用することにより、クリーンルームに占める装置の設置面積を低減することができる。なお、図1においては、レチクルステージRST、投影光学系PL、ウェハステージWST等の露光装置本体の構成要素に比べて光源部の各構成要素が大きく示されているが、これは作図及び説明の便宜上からこのようにしたもので、実際の各部の大きさとは異なるものである。

また、主制御装置20により露光装置本体（投影光学系PL、ステージ系等）と光源部とが温度調整され、チャンバ11内の全ての光学系が全体的に均一な温度となるように制御されるので、光源部と露光装置本体との温度の差によるレーザ光ILの中心波長のずれ、スペクトル半値幅、エネルギー集中度の変動等を防止することが可能になる。従って、波長ずれによる投影光学系の倍率、フォーカス変動及びディストーション変動等の結像特性の変動を最小限に抑制することができる。

なお、本実施形態では、チャンバ11内で光学系を全体的に均一な温度に制御するものとしたが、上述した結像特性の変動量が許容値以下となつていれば、光学系の温度を部分的に異ならせても良い。

また、レーザ装置を構成するビームモニタ機構22と、その基準波長光源21が露光装置本体と同一のチャンバ11内に設置されているので、基準波長光源21とビームモニタ機構22との間に圧力差が殆どなく、従ってその圧力差

に起因するレーザ光 I-L の中心波長のずれ、スペクトル半値幅、及びエネルギー集中度の変動を最小化することができ、それらに起因するフォーカス変動及びディストーション変動を最小化することができる。

また、ビームモニタ機構 2-2 の基準波長光源として KrF エキシマレーザの設計波長に極めて近い中心波長を有し、そのスペクトル半値幅が非常に狭い Ar 倍波レーザ光源が用いられているので、高精度なデコンボリューション処理が可能となり、高度な中心波長の安定性及びスペクトル半値幅の制御性を確保できる。従って、例えばディストーション成分を効果的に抑制して重ね合わせ精度を向上できるとともに、UDOF の増化及びフォーカスの安定性確保による焦点深度の増大が可能になる。

なお、基準波長光源としては、Ar 倍波レーザ光源の他、チタン・サファイアレーザ（波長 744 nm）の 3 倍高調波光源やチタン・サファイアレーザ（波長 992 nm）の 4 倍高調波光源、あるいは Cr : LiCAF（波長 700 ~ 800 nm）や Cr : LiSAF（波長 800 ~ 1000 nm）を所定の波長を中心として狭帯域化した高調波光源（波長 248 nm 近傍の光を出力する光源）を用いても良い。

また、レーザ共振器 1 とビームモニタ機構 2-2 と基準波長光源 2-1 とは、レーザ共振器 1 からのパルス照明光（エネルギービーム）I-L をレチクル R に導く照明光学系の一部である第 1 部分光学系 1-2A と同一の架台 5-0 上に固定されているので、レーザ共振器 1 や狭帯域化モジュール 2 の交換等のメンテナンス作業時に、レーザ共振器 1 と照明光学系（第 1 部分光学系 1-2A）との光軸を合わせるだけで光軸合わせ作業を容易に行うことができ、その作業中の装置の運転停止時間（ダウンタイム）を低減することができる。なお、例えばレーザ共振器 1 の交換は、年に 1 度等の頻度で行われる。

また、ウエハステージ WST、レチクルステージ RST の移動により露光装置本体が傾斜しても、レーザ装置と第 1 部分光学系 1-2A との間には、光軸の

ずれが生じず、しかも第2部分光学系12Bの入り口部分はフライアイレンズ35が配置されているので、第2部分光学系12Bに対する第1部分光学系12Aの光軸のずれは殆ど問題とならない。従って、光軸ずれに起因する転写像の劣化を防止することができる。

なお、上記実施形態では、レーザ装置としてKrFエキシマレーザ装置を用いる場合について説明したが、本発明がこれに限定されることは勿論である。例えば、レーザ装置として、波長193nmのエキシマレーザ光を発するArFエキシマレーザ装置や波長157nmのF₂レーザ光を発するF₂レーザ装置は勿論、それより短波長の波長146nmKr₂レーザ光を発するクリプトンダイマーレーザ装置、波長126nmのAr₂レーザ光を発するアルゴンダイマーレーザ装置、あるいはこれらのようなガスレーザに限らず他のレーザ装置も使用可能である。

上記実施形態の説明から明らかなように、本発明のようにレーザ共振器を投影光学系等が収納されたチャンバ内に収納する場合、レーザ装置を別置きにする場合に比べてレーザ光の光路が短くなる。従って、光路通過中のレーザ光のスペクトル半値幅の変動等が小さくなるとともに、光路引き回しのための光学部品の点数を削減することができる。かかる意味において、高価なホタル石しか硝材として用いることができないF₂レーザ装置、あるいはそれより短波長のKr₂レーザ装置などを露光光源とする場合に特にメリットがある。

なお、使用する光源によって、レチクルRや投影光学系PLのレンズ材料は、使い分ける必要がある。すなわち、KrFエキシマレーザ装置やArFエキシマレーザ装置を光源とする場合は、合成石英を用いることができるが、F₂レーザ光源、Kr₂レーザ光源、Ar₂レーザ光源などを用いる場合は、ホタル石を用いる必要がある。

また、上記実施形態では、装置フットプリント及び光軸調整等をも考慮して、レーザ共振器1をもチャンバ11内に収納するものとしたが、例えば、ビー

ムモニタ機構及び基準波長光源のみを投影光学系 P L と同一の環境制御チャンバ内に収納するようにしても良い。かかる場合であっても、温度、圧力等に起因する投影光学系の色収差、すなわちレーザ光（露光用照明光）の波長ずれ、スペクトル半値幅変動を抑制することは十分に可能である。

また、インジェクション・ロッキング方式のレーザ装置を用いても良く、この場合は光源からのレーザ光を増幅する増幅器（本発明の光源部の少なくとも一部に対応）をチャンバ 1 1 内に設けるようにしても良い。さらに、E UV（Extreme Ultraviolet）露光装置で用いられるレーザ励起プラズマ光源では、E UV 光を発生する物質を噴出するノズルなどが収納される筐体を真空チャンバ内に設けるようにしても良い。

また、上記実施形態ではオプティカルインテグレータ（ホモジナイザ）としてフライアイレンズを用いるものとしたが、その代わりにロッド・インテグレータを用いるようにしても良い。ロッド・インテグレータを用いる照明光学系では、ロッド・インテグレータはその射出面がレチクル R のパターン面とほぼ共役になるように配置される。なお、ロッド・インテグレータを用いる照明光学系は、例えば米国特許第 5 6 7 5 4 0 1 号に開示されており、本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、その米国特許の開示を援用して本明細書の記載の一部とする。また、フライアイレンズとロッド・インテグレータとを組み合わせる、あるいは 2 つのフライアイレンズ又はロッド・インテグレータを直列に配置してダブルオプティカルインテグレータとしても良い。

以上説明した、上記実施形態の露光装置は、本願の請求の範囲（claims）に挙げられた各構成要素（elements）を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度

を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることは言うまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

また、上記実施形態では、本発明がステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置に適用された場合について説明したが、本発明の適用範囲がこれに限定されることではなく、ステッパ等の静止露光型露光装置にも好適に適用できるものである。

また、例えば、上記実施形態と同様に紫外光を用いる露光装置であっても、投影光学系として反射光学素子のみからなる反射系、又は反射光学素子と屈折光学素子とを有する反射屈折系（カタツディオプトリック系）を採用しても良い。ここで、反射屈折型の投影光学系としては、例えば特開平8—171054号公報及びこれに対応する米国特許第5,668,672号、並びに特開平10—20195号公報及びこれに対応する米国特許第5,835,275号などに開示される、反射光学素子としてビームスプリッタと凹面鏡とを有する反射屈折系、又は特開平8—334695号公報及びこれに対応する米国特許第5,689,377号、並びに特開平10—3039号公報及びこれに対応する米国特許出願第873,605号（出願日：1997年6月12日）などに開示される、反射光学素子としてビームスプリッタを用いずに凹面鏡などを有する反射屈折系を用いることができる。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記各公報及びこれらに対応する米国特許、及び米国特許出願における開示を援用して本明細書の記載の一部

とする。

この他、特開平10-104513号公報及び米国特許第5,488,229号に開示される、複数の屈折光学素子と2枚のミラー（凹面鏡である主鏡と、屈折素子又は平行平面板の入射面と反対側に反射面が形成される裏面鏡である副鏡）とを同一軸上に配置し、その複数の屈折光学素子によって形成されるレチクルパターンの中間像を、主鏡と副鏡とによってウエハ上に再結像させる反射屈折系を用いても良い。この反射屈折系では、複数の屈折光学素子に続けて主鏡と副鏡とが配置され、照明光が主鏡の一部を通って副鏡、主鏡の順に反射され、さらに副鏡の一部を通ってウエハ上に達することになる。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記公報及び米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

さらに、反射屈折型の投影光学系としては、例えば円形イメージフィールドを有し、かつ物体面側、及び像面側が共にテレセントリックであるとともに、その投影倍率が1/4倍又は1/5倍となる縮小系を用いても良い。また、この反射屈折型の投影光学系を備えた走査型露光装置の場合、照明光の照射領域が投影光学系の視野内でその光軸をほぼ中心とし、かつレチクル又はウエハの走査方向とほぼ直交する方向に沿つて延びる矩形スリット状に規定されるタイプであっても良い。かかる反射屈折型の投影光学系を備えた走査型露光装置によれば、例えば波長157nmのF₂レーザ光を露光用照明光として用いても100nmL/Sパターン程度の微細パターンをウエハ上に高精度に転写することが可能である。

また、真空紫外光としてArFエキシマレーザ光やF₂レーザ光などが用いられるが、特に、前述のしたように、ビームモニタ機構及び基準波長光源のみを投影光学系PLと同一の環境制御チャンバ内に収納する場合には、DFB半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、又は可視域の单一波長レーザ光を、例えばエルビウム（又はエルビウムとイットリビウムの両方）

がドープされたファイバーアンプで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いても良い。

例えば、単一波長レーザの発振波長を $1.51 \sim 1.59 \mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が $189 \sim 199 \text{ nm}$ の範囲内である8倍高調波、又は発生波長が $151 \sim 159 \text{ nm}$ の範囲内である10倍高調波が出力される。特に発振波長を $1.544 \sim 1.553 \mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が $193 \sim 194 \text{ nm}$ の範囲内の8倍高調波、即ちArFエキシマレーザ光とほぼ同一波長となる紫外光が得られ、発振波長を $1.57 \sim 1.58 \mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が $157 \sim 158 \text{ nm}$ の範囲内の10倍高調波、即ちF₂レーザ光とほぼ同一波長となる紫外光が得られる。

また、発振波長を $1.03 \sim 1.12 \mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が $147 \sim 160 \text{ nm}$ の範囲内である7倍高調波が出力され、特に発振波長を $1.099 \sim 1.106 \mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が $157 \sim 158 \mu\text{m}$ の範囲内の7倍高調波、即ちF₂レーザ光とほぼ同一波長となる紫外光が得られる。この場合、単一波長発振レーザとしては例えばイットリビウム・ドープ・ファイバーレーザを用いることができる。

また、半導体素子などのマイクロデバイスだけでなく、光露光装置、EUV (Extreme Ultraviolet) 露光装置、X線露光装置、及び電子線露光装置などで使用されるレチクル又はマスクを製造するために、ガラス基板又はシリコンウエハなどに回路パターンを転写する露光装置にも本発明を適用できる。ここで、DUV (遠紫外) 光やVUV (真空紫外) 光などを用いる露光装置では一般的に透過型レチクルが用いられ、レチクル基板としては石英ガラス、フッ素がドープされた石英ガラス、萤石、フッ化マグネシウム、又は水晶などが用いられる。また、プロキシミティ方式のX線露光装置、又は電子線露光装置などでは透過型マスク (ステンシルマスク、メンブレンマスク) が用いられ、EUV露光装置では反射型マスクが用いられ、マスク基板としてはシリコンウエハ

などが用いられる。

勿論、半導体素子の製造に用いられる露光装置だけでなく、液晶表示素子、プラズマディスプレイなどを含むディスプレイの製造に用いられる、デバイスパターンをガラスプレート上に転写する露光装置、薄膜磁気ヘッドの製造に用いられる、デバイスパターンをセラミックウエハ上に転写する露光装置、及び撮像素子（C C Dなど）の製造に用いられる露光装置などにも本発明を適用することができる。

《デバイス製造方法》

次に、上述した露光装置をリソグラフィ工程で使用したデバイスの製造方法の実施形態について説明する。

図2には、デバイス（I CやL S I等の半導体チップ、液晶パネル、C C D、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造例のフローチャートが示されている。図2に示されるように、まず、ステップ201（設計ステップ）において、デバイスの機能・性能設計（例えば、半導体デバイスの回路設計等）を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップ202（マスク製作ステップ）において、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ203（ウエハ製造ステップ）において、シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。

次に、ステップ204（ウエハ処理ステップ）において、ステップ201～ステップ203で用意したマスクとウエハを使用して、後述するように、リソグラフィ技術等によってウエハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップ205（デバイス組立ステップ）において、ステップ204で処理されたウエハを用いてデバイス組立を行う。このステップ205には、ダイシング工程、ボンディング工程、及びパッケージング工程（チップ封入）等の工程が必要に応じて含まれる。

最後に、ステップ206（検査ステップ）において、ステップ205で作製

されたデバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。

図3には、半導体デバイスの場合における、上記ステップ204の詳細なフロー例が示されている。図3において、ステップ211（酸化ステップ）においてはウエハの表面を酸化させる。ステップ212（CVDステップ）においてはウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ213（電極形成ステップ）においてはウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ214（イオン打込みステップ）においてはウエハにイオンを打ち込む。以上のステップ211～ステップ214それぞれは、ウエハ処理の各段階の前処理工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

ウエハプロセスの各段階において、上述の前処理工程が終了すると、以下のようにして後処理工程が実行される。この後処理工程では、まず、ステップ215（レジスト形成ステップ）において、ウエハに感光剤を塗布する。引き続き、ステップ216（露光ステップ）において、上で説明した露光装置10を用いてマスクの回路パターンをウエハに転写する。次に、ステップ217（現像ステップ）においては露光されたウエハを現像し、ステップ218（エッチングステップ）において、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッティングにより取り去る。そして、ステップ219（レジスト除去ステップ）において、エッティングが済んで不要となったレジストを取り除く。

これらの前処理工程と後処理工程とを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

以上説明した本実施形態のデバイス製造方法によると、露光工程（ステップ216）において上記実施形態の露光装置10を用いて露光が行われるので、露光精度の向上により、高集積度のデバイスを歩留まり良く生産することができ、その生産性を向上させることができる。

産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明に係る露光装置は、集積回路等のマイクロデバイスを製造するリソグラフィ工程において、微細パターンをウエハ等の基板上に精度良く複数層重ねて形成するのに適している。また、本発明に係るデバイス製造方法は、微細なパターンを有するデバイスの製造に適している。

請求の範囲

1. エネルギビームによりパターンが形成されたマスクを照明し、前記パターンを基板上に転写する露光装置であって、
光源部を含み、前記エネルギーを出射するレーザ装置と；
前記エネルギーで前記基板を露光する露光装置本体と；
前記光源部の少なくとも一部と前記露光装置本体とを収納する環境制御チャンバとを備える露光装置。
2. 請求項1に記載の露光装置において、
前記露光装置本体は、前記エネルギーを前記基板上に投射する投影光学系を含むことを特徴とする露光装置。
3. 請求項2に記載の露光装置において、
前記レーザ装置は、波長300nm以下のパルス紫外光を出力するレーザ装置であることを特徴とする露光装置。
4. 請求項1に記載の露光装置において、
前記環境制御チャンバに収納される前記光源部の一部には、レーザ共振器が少なくとも含まれることを特徴とする露光装置。
5. 請求項4に記載の露光装置において、
前記レーザ共振器は波長180nm以下のパルス紫外光を出力することを特徴とする露光装置。
6. 請求項4に記載の露光装置において、

前記レーザ共振器からのエネルギーームを前記マスクに導く照明光学系と；
前記レーザ共振器と前記照明光学系の少なくとも一部とが搭載される支持部
材とを更に備えることを特徴とする露光装置。

7. 請求項 6 に記載の露光装置において、

前記照明光学系は、前記支持部材上に搭載された第 1 部分光学系と前記露光
装置本体側の架台に搭載された第 2 部分光学系とを有し、

前記第 2 部分光学系の前記第 1 部分光学系との境界近傍にオプティカルイン
テグレータが配置されていることを特徴とする露光装置。

8. 請求項 6 に記載の露光装置において、

前記環境制御チャンバに収納される前記光源部の一部には、波長モニタ部及
びその基準波長光源が更に含まれ、

前記波長モニタ部及びその基準波長光源の少なくとも一方が、前記支持部材
上に搭載されていることを特徴とする露光装置。

9. 請求項 2 に記載の露光装置において、

前記環境制御チャンバに収納される前記光源部の一部には、波長モニタ部及
びその基準波長光源が少なくとも含まれることを特徴とする露光装置。

10. 請求項 9 に記載の露光装置において、

前記レーザ装置は K r F エキシマレーザ装置であり、前記基準波長光源は A
r 倍波レーザ光源であることを特徴とする露光装置。

11. 請求項 9 に記載の露光装置において、

前記レーザ装置を構成するレーザ共振器及び前記基準波長光源から前記波長

モニタ部に選択的にエネルギービームを入射させる光路切替器と；

前記光路切替器を介して前記基準波長光源からのエネルギービームを前記波長モニタ部に導き入れて前記波長モニタ部のキャリブレーションを行う制御装置とを更に備えることを特徴とする露光装置。

一

1 2 . 請求項 1 1 に記載の露光装置において、

前記制御装置は、前記エネルギービームの前記基板側への照射が不要な非露光時に前記波長モニタ部のキャリブレーションを行うことを特徴とする露光装置。

1 3 . 請求項 1 2 に記載の露光装置において、

前記制御装置は、前記マスク又は基板の交換工程と並行して前記波長モニタ部のキャリブレーションを行うことを特徴とする露光装置。

1 4 . 請求項 1 2 に記載の露光装置において、

前記制御装置は、アライメント工程と並行して前記波長モニタ部のキャリブレーションを行うことを特徴とする露光装置。

1 5 . 請求項 9 に記載の露光装置において、

前記環境制御チャンバに収納される前記光源部の一部には、レーザ共振器が更に含まれることを特徴とする露光装置。

1 6 . 請求項 1 5 に記載の露光装置において、

前記光源部と前記露光装置本体との温度調整を行い、前記環境制御チャンバ内の全ての光学系が全体的に均一な温度となるように制御する制御装置を更に備えることを特徴とする露光装置。

17. エネルギビームにより基板を露光する露光装置の製造方法であって、光源部を含み、前記エネルギーbeamを出射するレーザ装置を提供する工程と；

前記レーザ装置からの前記エネルギーbeamによりパターンが形成されたマスクを照明する照明光学系を提供する工程と；

前記マスクから出射される前記エネルギーbeamを前記基板に投射する投影光学系を含み、前記パターンを前記基板に転写する露光装置本体を提供する工程と；

前記光源部の少なくとも一部と前記露光装置本体とを収納する環境制御チャンバを提供する工程とを含む露光装置の製造方法。

18. 請求項17に記載の露光装置の製造方法であって、

前記マスクと前記基板とを一次元方向に同期移動する駆動装置を提供する工程を更に含むことを特徴とする露光装置の製造方法。

19. リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、

前記リソグラフィ工程において、請求項1～16のいずれか一項に記載の露光装置を用いて露光を行うことを特徴とするデバイス製造方法。

Fig. 1

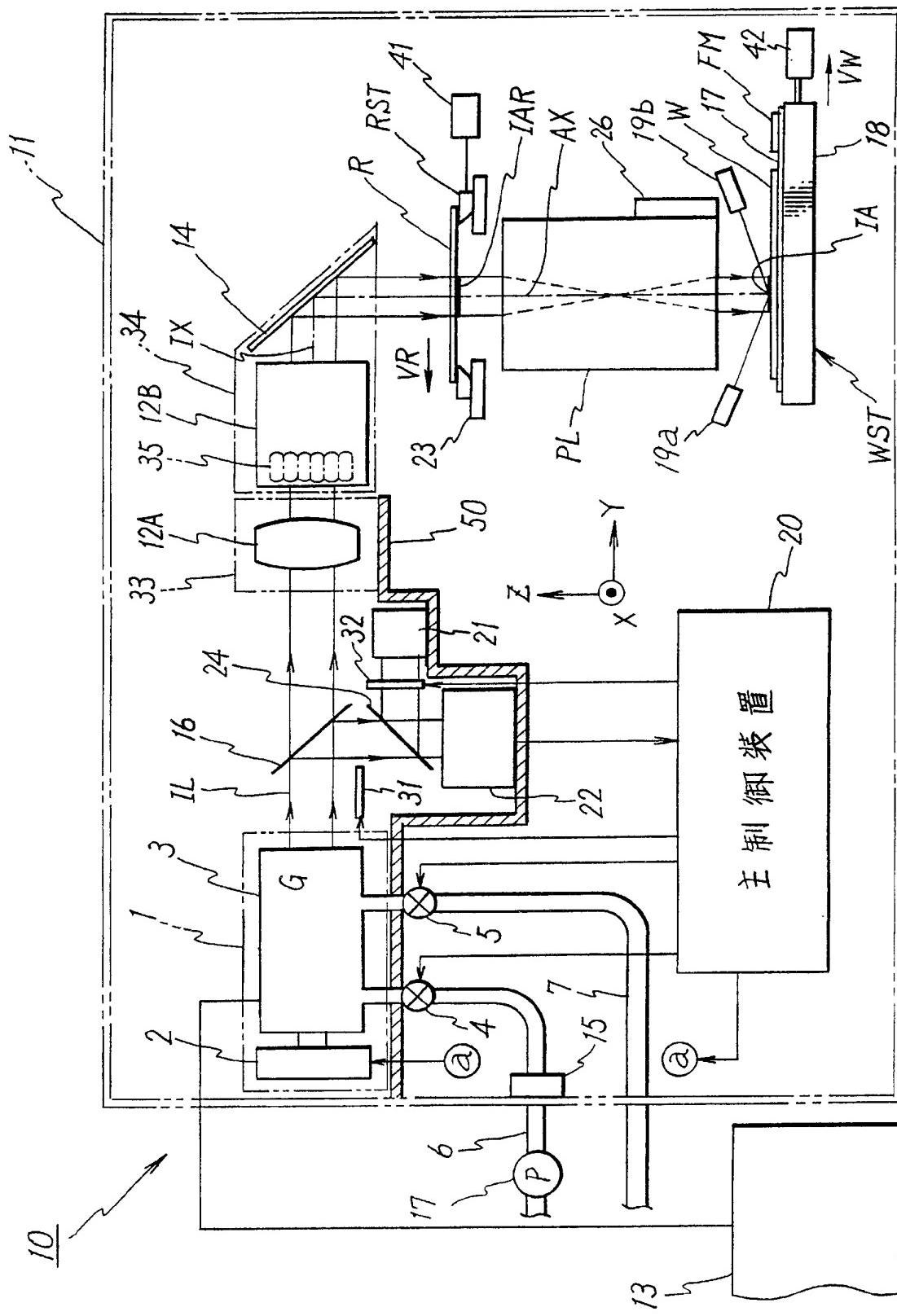


Fig. 2

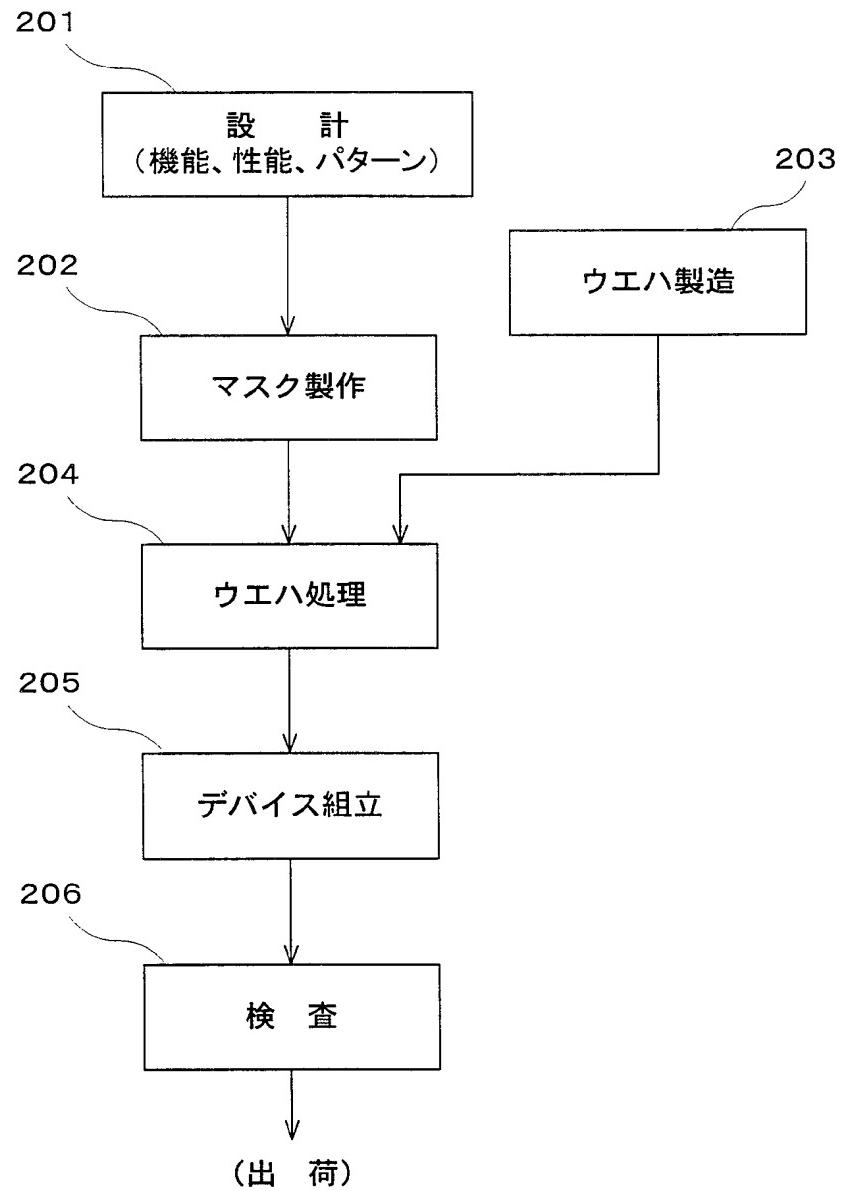
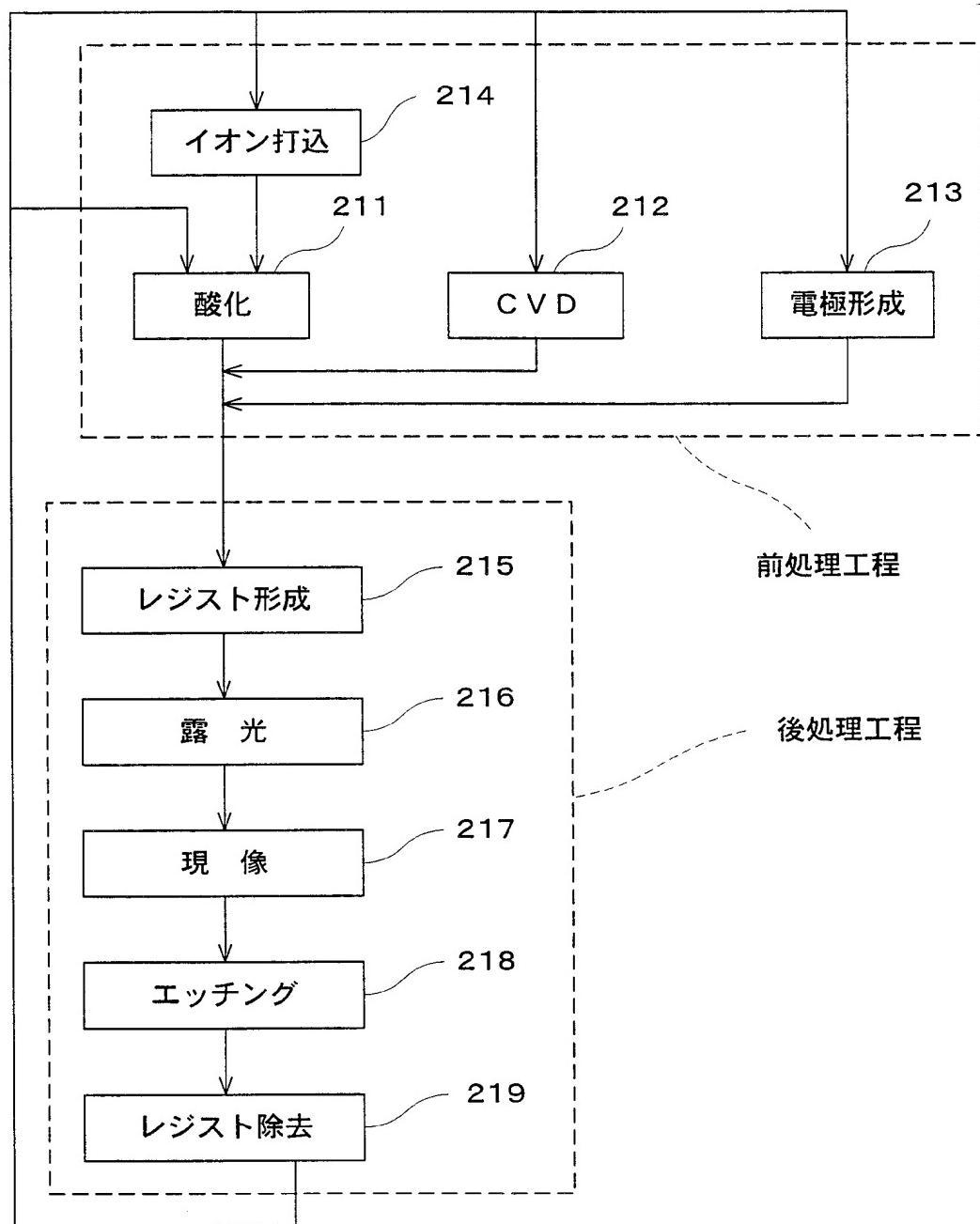


Fig. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/04966

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁶ H01L 21/027, G03F 7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁶ H01L 21/027, G03F 7/20-7/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1999
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1999 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 7-57989, A (NEC Corporation), 03 March, 1997 (03.03.97), Par. Nos. [0005]-[0006]; Fig. 1 (Family: none)	1-19
X	JP, 10-209040, A (NIKON CORPORATION), 07 August, 1998 (07.08.98), Column 7, lines 2-7; Fig. 1 & EP, 844532, A & KR, 98042711, A	1-19
Y	JP, 10-106939, A (Canon Inc.), 24 April, 1998 (24.04.98), Par. Nos. [0003], [0005]; Fig. 5 (Family: none)	1-19
P, X	JP, 10-289873, A (NIKON CORPORATION), 27 October, 1998 (27.10.98), Claims; Fig. 1 & WO, 9912194, A & AU, 9887497, A	1-19
P, X	JP, 11-135429, A (NIKON CORPORATION), 21 May, 1999 (21.05.99), Claims; Fig. 1 (Family: none)	1-19

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* "A"	Special categories of cited documents: document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E"	earlier document but published on or after the international filing date	"X"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&"	document member of the same patent family
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		

Date of the actual completion of the international search
07 December, 1999 (07.12.99)

Date of mailing of the international search report
21 December, 1999 (21.12.99)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/04966

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	JP, 11-219895, A (NIKON CORPORATION), 10 August, 1999 (10.08.99), Claims; Fig. 1 (Family: none)	1-19 --

國際調查報告

国際出願番号 PCT/JP99/04966

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. C1⁶ H01L 21/027, G03F 7/20

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int. C¹⁶ HO 1 L 2 1 / 0 2 7, GO 3 F 7 / 2 0 - 7 / 2 4

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-1999年
日本国登録実用新案公報	1994-1999年
日本国実用新案登録公報	1996-1999年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C 關連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P, 7-57989, A (日本電気株式会社), 3. 3月. 1995 (03. 03. 97), 【0005】-【0006】, 【図1】, (ファミリーなし)	1-19
X	J P, 10-209040, A (株式会社ニコン), 07. 8月. 1998 (07. 08. 98), 第7欄2行目～7行目, 【図1】, & EP, 844532, A & KR, 98042711, A	1-19
Y	J P, 10-106939, A (キャノン株式会社), 24. 4月. 1998 (24. 04. 98), 【0003】-【0005】-【図5】- (ファミリーなし)	1-19

□ C欄の続きにも文献が列挙されている。

□ パテントファミリーに関する別紙を参照。

- * 引用文献のカテゴリー
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願目前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願目前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
国際出願日又は優先日後に公表された文献であって
て出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理
論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 07.12.99	国際調査報告の発送日 21.12.99
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官(権限のある職員) 山鹿 勇次郎 ㊞ 2M 9223 電話番号 03-3581-1101 内線 3273

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
P, X	J P, 10-289873, A (株式会社ニコン), 27. 10月. 1998 (27. 10. 98), 【特許請求の範囲】 , 【図1】 , & WO, 9912194, A & AU, 9887497, A	1-19
P, X	J P, 11-135429, A (株式会社ニコン), 21. 5月. 1998 (21. 05. 99), 【特許請求の範囲】 , 【図1】 , (ファミリーなし)	- 1-19
P, X	J P, 11-219895, A (株式会社ニコン), 10. 8月. 1999 (10. 08. 99), 【特許請求の範囲】 , 【図1】 , (ファミリーなし)	1-19